

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11214216
PUBLICATION DATE : 06-08-99

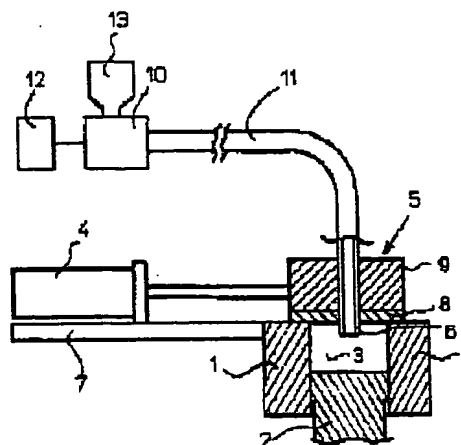
APPLICATION DATE : 27-01-98
APPLICATION NUMBER : 10014694

APPLICANT : HITACHI METALS LTD;

INVENTOR : HONDA MASANORI;

INT.CL. : H01F 7/02 H01F 1/053 H01F 1/08

TITLE : RARE EARTH PERMANENT MAGNET
AND MANUFACTURE THEREOF



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To mold slurry by fully filling a cavity with by inserting a supply tube communicated with a slurry supply means into the cavity, and filling the cavity of the molding machine with the slurry, while injecting the slurry and taking out the slurry supply tube as needed.

SOLUTION: A dice 1 is lifted, a cavity 3 having a specified capacity is formed on the upper part of a lower punch 2, a slurry supply tube 6 is brought down and its leading edge is held at a prescribed position close to the upper plane of the lower punch 2. Then, a slurry supply means 10 is operated to supply the cavity 3 with slurry 100 in a tank 13, through piping 11 and the slurry supply tube 6. Then, before the slurry supply means 10 completes supplying a prescribed quantity, the slurry supply tube 6 is lifted to store its leading edge in a sliding board 8. This the lifting operation may be performed in a timing where the capacity held by the slurry tube 6 is supplied in time.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 1 F 7/02
1/053
1/08H 0 1 F 7/02
1/04
1/08E
H
B

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-14694

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月27日

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 三家本 司

埼玉県熊谷市三ヶ尻6010番地 日立金属株式会社生産システム研究所内

(72) 発明者 本多 正典

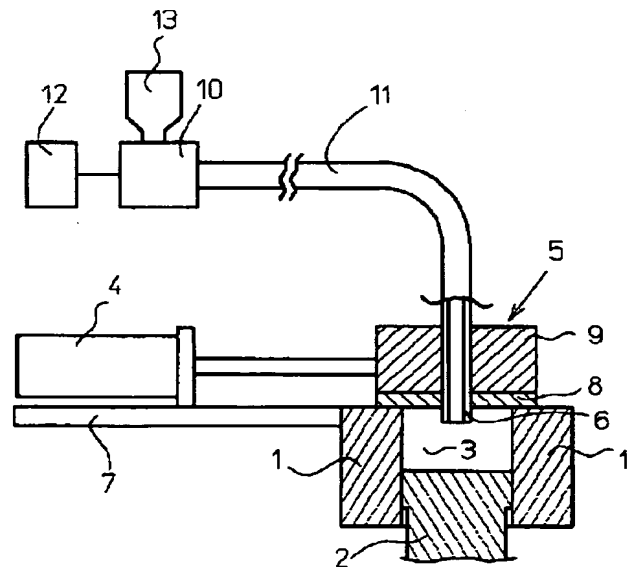
埼玉県熊谷市三ヶ尻6010番地 日立金属株式会社生産システム研究所内

(54) 【発明の名称】 希土類永久磁石の製造方法及び希土類永久磁石

(57) 【要約】

【課題】 希土類永久磁石の湿式成形に用いるスラリーは、供給安定性のために予め70%以上に濃縮しておくことが望ましい。しかし、開口部の縦又は横寸法に比して深さが深い形状のキャビティにおいては、このような高濃度なスラリーは、空気の巻込まれやキャビティ内への空気の残存により、隅々まで十分充填し難いという問題がある。

【解決手段】 スラリーを70～85重量%に調整し、スラリーの供給手段に連通したスラリー供給管の先端をキャビティ底部近傍に挿入し、スラリーをキャビティの底部から上方に向けて吐出しながら適宜引き抜いて充填し、加圧方向と垂直に印加磁界を加えて加圧成形して成形体を得る希土類永久磁石の製造方法及び希土類永久磁石である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 R-Fe-B系(RはYを含む希土類元素のうち1種または2種以上)希土類永久磁石用微粉と鉍物油、合成油あるいは植物油を溶媒とした混合物(スラリーと称す)を成形機のキャビティに供給し、加圧成形し、この成形体に含まれる溶媒を除去後焼結する希土類永久磁石の製造方法において、スラリーの供給手段に連通したスラリー供給管を成形機のキャビティに挿入し、スラリーを吐出しながら引き抜いてスラリーをキャビティに充填することを特徴とする希土類永久磁石の製造方法。

【請求項2】 70～85重量%のスラリーを用い、スラリーの供給手段に連通したスラリー供給管の先端をキャビティ底部近傍に挿入し、スラリーをキャビティの底部から上方に向けて吐出しながら引き抜いて充填し、加圧方向と垂直に印加磁界を加えて加圧成形する請求項1に記載の希土類永久磁石の製造方法。

【請求項3】 キャビティは開口部短辺相当寸法Tが2mm以上で、深さHが $H=1.2T-1.7$ 以上の範囲にある請求項2に記載の希土類永久磁石の製造方法。

【請求項4】 R-Fe-B系(RはYを含む希土類元素のうち1種または2種以上)希土類永久磁石用微粉と鉍物油、合成油あるいは植物油を溶媒とした混合物(スラリーと称す)を、スラリーの供給手段に連通したスラリー供給管を成形機のキャビティに挿入してスラリーを吐出しながら引き抜いて成形機のキャビティに供給し、加圧成形し、この成形体に含まれる溶媒を除去後焼結したことを特徴とする希土類永久磁石。

【請求項5】 R-Fe-B系(RはYを含む希土類元素のうち1種または2種以上)希土類永久磁石用微粉と鉍物油、合成油あるいは植物油を溶媒とした混合物(スラリーと称す)を成形機のキャビティに供給し、加圧成形し、この成形体に含まれる溶媒を除去後焼結した希土類永久磁石であって、開口部短辺相当寸法Tが2mm以上で、深さHが $H=1.2T-1.7$ 以上の寸法範囲にある成形機のキャビティにスラリー供給管を挿入し、キャビティの底部から上方に向けて充填したスラリーを、加圧方向と垂直に印加磁界を加えて加圧成形したことを特徴とする希土類永久磁石。

【請求項6】 成形体形状がアーク状である請求項4又は5に記載の希土類永久磁石。

【請求項7】 成形体形状がリング状であり、そのキャビティの厚さと深さが、前記のTとHに相当する請求項4又は5に記載の希土類永久磁石。

【請求項8】 請求項1乃至3のいずれかに記載の製造方法で製造し、焼結体の組成が重量百分率でR(RはYを含む希土類元素のうち1種または2種以上)が27.0～31.0%、Bが0.5～2.0%、Nが0.02～0.15%、Oが0.25%以下、Cが0.15%以

下、残部がFeであることを特徴とする希土類永久磁石。

【請求項9】 Feの一部を、Nb 0.1～2.0%、Al 0.02～2.0%、Co 0.3～5.0%、Ga 0.01～0.5%、Cu 0.01～1.0%のうち1種または2種以上で置換することを特徴とする請求項8に記載の希土類永久磁石。

【請求項10】 成形体の個々の重量ばらつきが3%以下である請求項4乃至9のいずれかに記載の希土類永久磁石。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、R-Fe-B系(RはYを含む希土類元素のうち1種または2種以上)希土類永久磁石用微粉と溶媒の混合物であるスラリーを成形機の金型に供給して加圧成形し、得られた成形体を焼結する希土類永久磁石の製造方法及び希土類永久磁石に関するものである。

【0002】

【従来の技術】希土類永久磁石は高磁気特性を得られる磁石として知られており、原料金属を溶解し、鋳型に注湯して得られたインゴットを粉砕、成形、焼結して製造するが、原料粉末である希土類永久磁石用粉末は、微粉砕後化学的に非常に活性になるため、いかに酸化を防止するかが製造技術上大きなポイントである。この点で、乾粉状態で成形する従来の乾式成形法によって製造した焼結体の酸素量の水準は、低いものでも0.4%台であるのに対し、新たに開発された湿式成形法、即ち原料粉末と鉍物油、合成油あるいは植物油を溶媒とした混合物(以下、スラリーと称す)を作成し、スラリー濃度を調整後、金型のキャビティに供給し、混合物中の溶媒を濾過しながら加圧成形を行う方法、によって製造した焼結体は、酸素量を0.25%以下にすることが可能であり、適切な原料組成を選定することで、保持力*iH_c*を維持しつつ、高い残留磁束密度*B_r*と最大エネルギー積(*BH*)_{max}を得ることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】湿式成形に用いるスラリーは、濃度が低い方が流動性は良好で狭部を有するキャビティに充填できるが、濃度が70%未満では溶媒である油が多すぎて上澄みが生じ易く、原料粉末の供給量が不安定となり実用的ではない。このため、予め70%以上に濃縮しておくことが望ましいが、このような高濃度なスラリーは、乾式成形法に用いる乾粉以上に充填性が悪く、キャビティの大きさや形状によっては隅々まで十分充填し難いという問題がある。

【0004】前述したように希土類永久磁石は高磁気特性を得られるが、より特性の高いものが求められるだけでなく、薄肉でかつ微粉が薄肉面に直交する方向に磁気配向しているような製品の要求が多くなっている。一般

に、スラリーを成形機で磁場成形する方法には、磁界の印加方法と垂直に加圧成形する方法（横磁場成形と称す）と、平行に加圧成形する方法（縦磁場成形と称す）の2種類があり、後述するように横磁場成形の方が縦磁場成形に比べて高磁気特性を得やすい。このため前記のような薄肉形状品を成形する場合、上下方向から加圧する成形機では、磁界方向は水平となるため、キャビティは薄肉面が垂直になるように形成される。即ち開口部の縦又は横寸法に比して深さが深い形状となる。このような形状のキャビティでは、必要なスラリー量とキャビティ10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1350 1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 1368 1369 1370 1371 1372 1373 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1380 1381 1382 1383 1384 1385 1386 1387 1388 1389 1390 1391 1392 1393 1394 1395 1396 1397 1398 1399 1400 1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427 1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1890 1891 1892 1893 1894 1895 1896 1897 1898 1899 1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2470 2471 2472 2473 2474 2475 2476 2477 2478 2479 2480 2481 2482 2483 2484 2485 2486 2487 2488 2489 2490 2491 2492 2493 2494 2495 2496 2497 2498 2499 2500 2501 2502 2503 2504 2505 2506 2507 2508 2509 2510 2511 2512 2513 2514 2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 2528 2529 2530 2531 2532 2533 2534 2535 2536 2537 2538 2539 2540 2541 2542 2543 2544 2545 2546 2547 2548 2549 2550 2551 2552 2553 2554 2555 2556 2557 2558 2559 2560 2561 2562 2563 2564 2565 2566 2567 2568 2569 2570 2571 2572 2573 2574 2575 2576 2577 2578 2579 2580 2581 2582 2583 2584 2585 2586 2587 2588 2589 2590 2591 2592 2593 2594 2595 2596 2597 2598 2599 2600 2601 2602 2603 2604 2605 2606 2607 2608 2609 2610 2611 2612 2613 2614 2615 2616 2617 2618 2619 2620 2621 2622 2623 2624 2625 2626 2627 2628 2629 2630 2631 2632 2633 2634 2635 2636 2637 2638 2639 2640 2641 2642 2643 2644 2645 2

が85%を越えると、印加磁界に対するスラリー中の微粉の配向性が低下し、磁気特性の内特に残留磁束密度 B_r が低下する。縦磁場成形では、成形体形状は扇形など複雑形状も可能であるが、横磁場成形ほどの磁気特性を得にくい。これは、磁界の印加方向と成形の加圧方向が平行なため、いったん配向した微粉の配向性が加圧成形時に乱されるためであり、横磁場成形に比べて残留磁束密度 B_r は低いものとなるが、スラリー濃度が高いほど加圧成形から受ける配向の乱され方は少ないという傾向にある。このため、縦磁場成形ではスラリー濃度が高いほど得られる残留磁束密度 B_r が高くなり、特にスラリー濃度が70%以上でこの傾向が顕著になる。しかし、スラリー濃度が85%を越えると、横磁場成形と同じ理由で配向性が低下し、残留磁束密度 B_r は低下する。図6に、湿式成形法で成形した重量百分率でNd27.5%、Pr1.0%、Dy1.5%、B1.0%、Nb0.5%、Al0.05%、Co2.0%、O0.15%、0.05%、C0.075%、残Feの組成を有する焼結体の、成形方法とその時のスラリー濃度による得られた残留磁束密度 B_r の関係を示す。以上スラリー濃度について説明した。

【0009】金型に形成されるキャビティは、最終製品にできるだけ近い形状のものが望ましい。しかし、一辺が薄肉の直方体或いは曲率体、さらには扇形等の複雑形状品、あるいは薄肉のリング品に対して、薄肉面に直交するように磁場を配向する横磁場成形を行なう場合、キャビティへの原料供給の良否で大きさと形状が決定される。本発明者らは、従来の工場生産レベルの供給方法において、キャビティの寸法とその時の成形体重量、密度、体内の特性バラツキ等の関係について研究し、生産レベルで良好に製造できるための製品には、キャビティの開口部の短辺相当寸法 T と深さ寸法 H に相関があることを見出した。図7に境界付近にある成形体のものについての状況を示す。スラリーをキャビティの上方から供給する前述した湿式成形用原料供給装置におけるような方法を用いた場合、境界はラインAで示すことができる。一方、乾式成形法においては、キャビティ上を給粉ボックスを移動させて行なう摺り切り揺動式で供給する場合、境界はラインBで示すことができる。ラインA及びBは、各々概略下式で表すことができる。

$$A: H = 7T - 8 \quad (\text{ただし } T \geq 2.5)$$

$$B: H = 12T - 17 \quad (\text{ただし } T \geq 2.5)$$

これは、スラリー濃度が70%を超えるようなものは前述したような問題点があり、狭い隙間のもの程顕著なためである。乾粉の場合は、スラリーほど流動性は悪くないが、造粒した粉体でないため磁性凝集し易く、やはり上記と同様な問題があるからである。なお短辺相当寸法 T とは、図8(a)、(c)に示すように矩形類似形状(アーク状を含む)のものでは短辺そのものであるが、図8(b)に示すリング状のものでは厚さ、図8(d)

に示すような太鼓状のものでは短手方向の対辺寸法、その他の形状では、三角状のものでは対辺に下ろした垂線のうち短いもの、円状のものでは半径である。本発明においては、スラリー供給管をキャビティに挿入して下部より徐々にスラリーを充填していくので、開口部の短辺相当寸法はスラリー供給管外径より大きければよく、基本的には深さ方向の制約はない。スラリー供給管は非磁性の剛性のあるパイプを用いるが、その内径はスラリー吐出圧を高くすれば1mm程度でもよいが、スラリーの詰まりを考慮すると2mm以上あることが好ましく、これより短辺相当寸法が3mm以上のものに適用するのが望ましい。

【0010】本発明の希土類磁石は、 $R-Fe-B$ 系(R は Y を含む希土類元素のうち1種または2種以上)

希土類永久磁石用微粉と鉱物油、合成油あるいは植物油を溶媒とした混合物(スラリーと称す)を、スラリーの供給手段に連通したスラリー供給管を成形機のキャビティに挿入してスラリーを吐出しながら引き抜いて成形機のキャビティに供給し、加圧成形し、この成形体に含まれる溶媒を除去後焼結したものである。また本発明の希土類永久磁石は、 $R-Fe-B$ 系(R は Y を含む希土類元素のうち1種または2種以上)希土類永久磁石用微粉と鉱物油、合成油あるいは植物油を溶媒とした混合物(スラリーと称す)を成形機のキャビティに供給し、加圧成形し、この成形体に含まれる溶媒を除去後焼結した希土類永久磁石であって、開口部短辺相当寸法 T が2mm以上で、深さ H が $H = 12T - 17$ 以上の寸法範囲にある成形機のキャビティにスラリー供給管を挿入し、キャビティの底部から上方に向けて充填したスラリーを、

加圧方向と垂直に印加磁界を加えて加圧成形したことを特徴としている。なお、前記の薄肉長尺の希土類永久磁石は、原材料のキャビティへの供給という問題を解決したこと他に、溶媒により金型のかじりを防止できることにより工業的に実現できるものであり、乾式成形法では実現できないものである。特に最終形状がアーク状をしたものやリング状をしたものは、横磁場成形で最終形状に近いものを得ることができるため、高特性のものが実現でき、産業上極めて有用である。また本発明の希土類永久磁石は、前記の製造方法で製造し、成形体の個々の重量ばらつきが適切な製造条件下では3%以下と極めて小さく、焼結体の組成が重量百分率で R (R は Y を含む希土類元素のうち1種または2種以上)が27.0~31.0%、 B が0.5~2.0%、 N が0.02~0.15%、 O が0.25%以下、 C が0.15%以下、残部が Fe であることを特徴としている。前記希土類永久磁石は、その組成の Fe の一部を Nb 0.1~2.0%、 Al 0.02~2.0%、 Co 0.3~5.0%、 Ga 0.01~0.5%、 Cu 0.01~1.0%のうち1種または2種以上で置換することができる。

【0011】組成の限定理由は次のとおりである。湿式

成形法においては希土類元素の酸化防止が充分になされるため、希土類元素の量は、重量百分率で 27.0~31.0%とされる。希土類元素の量が 31.0%を越えると、焼結体内部の R r i c h 相の量が多くなり、かつ形態が粗大化して耐蝕性が悪くなる。一方、希土類元素の量が 27.0%未満であると、焼結体緻密化に必要な液相量が不足して焼結体密度が低下し、同時に磁気特性のうち残留磁束密度 B r と保持力 i H c が共に低下する。従って、希土類元素の量は 27.0~31.0%とされる。O の量は、重量百分率で 0.05~0.25%とされる。O の量が 0.25%を越える場合には、希土類元素の一部が窒化物を形成し、磁氣的に有効な希土類元素が減少して保持力 i H c が低下する。前述したように、R-F e-B 系希土類永久磁石のこれまでの製造方法としては、一般に乾式法が採用されてきた。そのため、希土類元素の酸化防止が充分とはならず、酸素量の水準は、低いものでも 0.4%台であった。そのため、一定水準の保持力 i H c を維持するためには、希土類量を少なくとも 31%を越える値とする必要があり、そのため得られる残留磁束密度 B r と最大エネルギー積 (B H) m a x は低い値となった。湿式成形法によって、R-F e-B 系希土類永久磁石焼結体の酸素量を、0.25%以下にすることが可能となり、これによって、保持力 i H c を維持しつつ、本発明の 27~31%の範囲に希土類量を低減することができるために、高い残留磁束密度 B r と最大エネルギー積 (B H) m a x を得ることができる。一方溶解によって作製するインゴットの O 量の水準は最大 0.04%であるため、最終焼結体の O 量をこの値以下とすることは困難であり、これより O 量は 0.05~0.25%とすることが好ましい。

【0012】C量は、重量百分率で 0.01~0.15%とされる。Cの量が 0.15%より多い場合には、希土類元素の一部が炭化物を形成し、磁氣的に有効な希土類元素が減少して、保持力 i H c が低下する。C量は、0.12%以下とすることがより好ましく、0.10%以下とすることがさらに好ましい。一方、溶解によって作製するインゴットの C 量の水準は最大 0.008%であり、最終焼結体の C 量をこの値以下とすることは困難であり、焼結体の C 量は 0.01~0.15%とすることが好ましい。本発明者らの研究成果によると、R-F e-B 系希土類永久磁石の耐蝕性の改善に対しては、希土類元素の量を 31.0%以下とすることは必要条件であるが十分条件ではない。これにはさらに、焼結体中の N 量を厳密に制御する必要がある。上記の組成範囲の希土類元素、O 量、C 量を有する R-F e-B 系希土類永久磁石において、焼結体中の N 量を所定範囲とすることによって、優れた耐蝕性と高い磁気特性を両立させることができる。焼結体中の N 量は重量百分率で 0.02~0.15%とする必要がある。N の含有による耐蝕性の改善効果のメカニズムについては必ずしも明確ではない

が、焼結体中の N は主に R r i c h 相に存在し、希土類元素の一部と結合して窒化物を形成していることから、この窒化物の形成が R r i c h 相の陽極酸化を抑制しているものと考えられる。N の量が 0.02%より少ない場合には、窒化物の形成量が少ないためか、焼結体の耐蝕性の改善効果はみられない。N の量が 0.02%以上では、N の量の増加に従って焼結体の耐蝕性も向上するが、N の量が 0.15%を越えると保持力 i H c が急激に低下する。これは、窒化物の形成による磁氣的に有効な希土類元素の減少によるためと考えられる。以上の理由から、N 量は、0.02~0.15%とされる。さらには、N 量は 0.03~0.13%とすることが好ましい。

【0013】本発明の R-F e-B 系希土類永久磁石においては、F e の一部を N b, A l, C o, G a, C u のうち 1 種類または 2 種類以上で置換することができ、以下に各元素の置換量（ここでは置換後の希土類永久磁石の全組成に対する重量百分率）の限定理由を説明する。N b の置換量は、0.1~2.0%とされる。N b の添加によって、焼結過程で N b のほう化物が生成し、これが結晶粒の異常粒成長を抑制する。N b の置換量が 0.1%より少ない場合には、結晶粒の異常粒成長の抑制効果が不十分となる。一方、N b の置換量が 2.0%を越えると、N b のほう化物の生成量が多くなるため、残留磁束密度 B r が低下する。A l の置換量は、0.02~2.0%とされる。A l の添加は保持力 i H c を高める効果がある。A l の置換量が 0.02%より少ない場合には、保持力の向上効果が少ない。置換量が 2.0%を越えると、残留磁束密度 B r が急激に低下する。C o の置換量は、0.3~5.0%とされる。C o の添加はキュリー点の向上すなわち飽和磁化の温度係数の改善をもたらす。C o の置換量が 0.3%より少ない場合には、温度係数の改善効果は小さい。C o の置換量が 5.0%を越えると残留磁束密度 B r, 保持力 i H c が共に急激に低下する。G a の置換量は、0.01~0.5%とされる。G a の微量添加は保持力 i H c の向上をもたらすが、置換量が 0.01%より少ない場合には、添加効果は小さい。一方、G a の置換量が 0.5%を越えると、残留磁束密度 B r の低下が顕著になるとともに、保持力も低下する。C u の置換量は、0.01~1.0%とされる。C u の微量添加は、保持力 i H c の向上をもたらすが、添加量が 1.0%を越えるとその添加効果は飽和する。添加量が 0.01%より少ない場合には、保持力 i H c の向上効果は小さい。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について詳述する。図 2 に希土類永久磁石の製造工程を示す。N d-F e-B 系希土類永久磁石原料合金を微粉碎し、得られた微粉を鉱物油の溶媒中に回収し、スラリーを作成する。このスラリーを加圧成形に適したスラリー濃度に調

整し、成形機のキャビティに隅々まで十分充填し、溶媒を濾過しながら加圧成形する。得られた成形体に含まれる溶媒を除去後焼結し、希土類永久磁石の焼結体を得る。

【0015】以下上記工程の中、スラリーのキャビティへの充填に関して説明する。図1は、湿式成形機へのスラリー供給を説明するための図である。下パンチ2が貫装し、キャビティ3を形成するダイス1の上面と、その上面と同一レベルとなるようにダイス1に設置したプレート7の上面を、シリンダー等の移動手段4で摺動する供給ヘッド5を設ける。供給ヘッド5は供給ヘッド本体9と摺動板8からなり、摺動板8は、供給ヘッド5がダイス1上に移動時、キャビティ3の開口部を覆うような寸法である。この時キャビティ3の隅部と外部空間が連通するような流路或いは隙間14を摺動板8に設けている。供給ヘッド本体9と摺動板8を貫通して昇降自在

(昇降装置図示せず)なスラリー供給管6を設ける。スラリー供給管6は、供給ヘッド5がダイス1上に移動時キャビティ3をほぼ均等に分けるような位置であることが望ましい。スラリー供給管6のキャビティ3側の他端には配管11が接続されている。配管11の一端には制御装置12で制御されるスラリー供給手段10、例えば定容積シリンダー又は容積式ポンプが接続されている。スラリー供給手段10はスラリー100を収納した原料タンク13と連結しており、作動量、即ち定容積シリンダーではピストンの移動量や速度、容積式ポンプでは原動機の回転数又は回転時間等、に応じたスラリー100を吐出することができる。制御装置12は、スラリー供給手段10が所望の仕様でスラリー100を供給できるように前記作動量を設定することができる。これにより、スラリー供給手段10は、ほぼ所望量のスラリーを所望の速度で送り出すことができる。送り出されたスラリー100は、配管11を通りスラリー供給管6から、キャビティ3に供給される。

【0016】以下、動作について説明する。ダイス1を上昇して、下パンチ2上部に所定容量のキャビティ3を形成する。次に、移動手段4を作動し、供給ヘッド5をキャビティ3上に摺動する。次いで、スラリー供給管6を下降させ、先端を下パンチ2上面近傍の所定位置に保持する。次にスラリー供給手段10を作動させ、タンク13内のスラリー100を、配管13及びスラリー供給管6を通じてキャビティ3に供給開始する。以降のスラリー充填状況を、図3により説明する。

1) 注入初期 (図3 (a))

スラリー供給管6先端から排出されたスラリー100は、下パンチ2の上面に当たることにより、水平方向に流れが変えられる。

2) 注入中期 (図3 (b))

スラリー100は、下パンチ2の上面に沿って水平方向に流れ、ダイス1と下パンチ2で構成されるキャビティ

3の下隅のエアを押しつつ、スラリーを充填する。

3) 注入終期 (図3 (c))

スラリー100はキャビティ3の底からわき上がるように充填され、キャビティ3内のエアは摺動板8に設けた流路14から外気に排気され、キャビティ3はエアが残留することなくスラリー100で満たされていく。スラリー供給管6の先端と下パンチ2の上面の隙間は、スラリーの濃度等性状と供給速度に合わせて適宜設定する。即ち、隙間が広すぎる場合は、図5で説明したと同様な現象がスラリー供給管6先端と下パンチ2間で生じ、スラリーは空気を巻き込んでしまい、また隙間が狭すぎる場合は、図3に示す横方向へのスラリー流れの速度が加速されて周辺の空気を巻き込んでしまい、供給量のバラツキを生じる結果的になるからである。

【0017】スラリー供給手段10が所定量を供給終了する前に、スラリー供給管6を、先端が摺動板8内に収納されるように上昇させる。この上昇動作は上述した注入中期から徐々に行なってもよいし、注入終期に行なってもよく、スラリー供給管6が占有していた容積分供給が間に合うタイミングであればよく、スラリー供給管の大きさ、挿入深さ又はスラリー供給速度に合わせて適宜設定する。所定量供給完了後、移動手段4を作動させ、供給ヘッド5をダイス1上から退避させる。なお、スラリーの供給量はキャビティ体積に一致していなくてもよく、少し多目になってもよい。この場合、摺動板8でキャビティ3の上部が覆われているため、余分なスラリーは供給ヘッド5内に保持され、供給ヘッド5の退避時一緒に持ち去られるため周囲にあふれることはない。この後、脱液口と濾過フィルターを備えた上パンチ (図示せず) が下降し、磁場で加圧成形する。尚、本説明では1個のキャビティの場合について述べたが、金型に2個以上のキャビティがある場合は、供給ヘッドを順次キャビティ上に移動し、上述したと同様にしてスラリーを供給して行けばよい。

【0018】

【実施例1】次に実施例1について説明する。微粉碎工程ではジェットミル粉碎法を用い、Nd-Fe-B系希土類永久磁石原料合金を数100 μ mに解砕した酸素量が1300ppm程度の粗粉を、不活性高圧ガス雰囲気中で粒子どうしを衝突させて微粉を得た。不活性ガスは窒素ガスを用い、粉碎ガス雰囲気中の酸素濃度は1ppm未満とし、得られた微粉の平均粒度は約5 μ mであり、その組成は重量百分率でNd28.01%、Pr0.57%、Dy1.50%、B1.06%、Co2.06%、Nb0.67%、Al0.10%、Ga0.08%、Cu0.10%、残部Feであった。微粉の回収工程では、粉碎機の微粉排出口に鉱物油の溶媒を入れた回収容器を直結し、微粉が大気に触れないように溶媒中に回収した。鉱物油は、出光興産 (株) 製、商品名LA35を用いた。本鉱物油の性状は、分溜点約272℃、動

粘度 2.4 c s t、引火点 107°C である。微粉回収の結果、微粉と溶媒の重量比は 40 重量% となった。スラリー化の工程では、回収容器内の微粉と溶媒は、パドル型攪拌翼を設けた攪拌機により、充分に混合してスラリー化した。スラリー濃度調整工程では、重量濃度 75 w t % を目標濃度とし、濃度ばらつきを ± 1.0 w t % 以内に調整した。

【0019】成形工程では、スラリーをネジ式容積型ポンプを用いて、図 8 (a) に示すような矩形状部品を成形すべく、成形機の矩形状キャビティ (縦 7 mm、横 4.5 mm、深さ 80 mm) に供給した。まず、スラリー供給管がキャビティ開口部のほぼ中央部に位置するように供給ヘッドを位置決めした。スラリー供給管として外径 5 mm、内径 4 mm の塩化ビニールパイプを用いた。次にスラリー供給管をシリンダーで下降させ、下パンチ上面から 4 mm の位置で停止させ、ネジ式容量ポンプを作動して、供給量 6.3 c m³/sec でスラリーをキャビティ内に吐出した。スラリー供給管はスラリー供給開始後 3.5 秒経過後、スラリーを供給しながら 0.5 秒で上昇させ、上昇完了時にはキャビティにスラリーが充填するようにした。その後、水平方向に 13 k O e の配向磁場を印加した状態で、上パンチを下降させ、スラリー中の溶媒を布製濾布を介して濾過しながら、1 トン / c m² の圧力で垂直方向に加圧成形し成形体を得た。成形体中には約 10 重量% の溶媒が残存した。成形体は脱溶媒焼結処理まで、不活性ガス (N₂ ガス) を導入した容器内に 6 時間保管した。脱溶媒工程では、成形体中に含まれる溶媒を、焼結前に真空中加熱により除去した。真空度 3×10^{-2} T o r r、成形体加熱温度 200°C、加熱時間 1 時間で溶媒が完全に除去できることを確認した。焼結工程では、成形体の溶媒除去後そのまま真空状態を保ち真空中で昇温し、真空度 4×10^{-4} T o r r、焼結温度 1080°C、焼結時間 2 時間で焼結を行い焼結体を得た。焼結体の寸法は約 5 × 3.7 × 6.6 mm、焼結体の密度は 7.62 g / c m³ であった。この焼結体に、900°C × 1 時間と 500°C × 2 時間の熱処理を各 1 回施した。

【0020】本実施例で得られた焼結体重量の分布を図 9 に示す。重量ばらつきは 96 ± 1.4 g (± 1.4 %) であった。焼結体重量ばらつきは成形体重量バラツキと対応するので、成形体重量ばらつきは目標の 3% 以内を満たしていると判断できる。磁気特性は、成形ロットを問わず、残留磁束密度 B r 13.6 ~ 13.7 k G、保磁力 i H c 15.0 ~ 15.3 k O e、最大エネルギー積 (B H) m a x 45.0 ~ 45.2 M G O e が安定して得られた。なお、焼結体の組成は重量百分率で Nd 28.01%、Pr 0.57%、Dy 1.50%、B 1.06%、Co 2.06%、Nb 0.67%、Al 0.10%、Ga 0.08%、Cu 0.10%、O 0.17%、N 0.045%、C 0.07%、残部 F e であ

った。

【0021】

【実施例 2】次に、実施例 2 について説明する。実施例 1 で微粉碎し作製したと同様のスラリーを、図 8 (b) に示すようなリング品を成形すべく成形機のリング状キャビティ (外径 50 mm、厚さ 4 mm、深さ 60 mm) に供給した。供給ヘッドには 4.6 mm の間隔を隔てて 2 本のスラリー供給管を配置した。スラリー供給管は外径 3.4 mm、内径 2.8 mm のステンレスパイプを用いた。スラリー供給管には 1 台のネジ式容積型ポンプから配管を分岐して接続したが、個々にネジ式容積型ポンプを設け接続してもよい。供給ヘッドを、2 本のスラリー供給管の中心がキャビティのリング中心にくるように位置決めした後、2 本のスラリー供給管を同時にシリンダーで下降させ、下パンチ上面から 3 mm の位置で停止させた。ネジ式容量ポンプを作動して、2 本のスラリー供給管から各々供給量 3.5 c m³/sec でキャビティに吐出した。スラリー供給管はスラリー供給開始後 2.5 秒経過後、スラリーを供給しながら 2.5 秒で上昇させ、上昇完了時にはキャビティにスラリーが充填するようにした。磁界強度 10 k O e でラジアル配向し、成形圧 0.8 t / c m² で、印加磁界と垂直方向に加圧成形し、成形体を得た。この成形体を、 5×10^{-2} T o r r の真空中で、200°C × 2 時間加熱して脱油処理し、次いで 5×10^{-4} T o r r の真空中で、1070°C × 5 時間の条件で焼結し焼結体を得た。焼結体の概略寸法は外径 37 mm、厚さ 3 mm、長さ 50 mm となり、密度は 7.62 g / c m³ であった。この焼結体に、900°C × 1 時間と 500°C × 2 時間の熱処理を各 1 回施した。磁気特性を測定したところ、B r 13.0 k G、i H c 16.0 k O e、最大エネルギー積 (B H) m a x 40.1 M G O e という値が得られた。

【0022】

【発明の効果】以上述べたように、本発明は次の効果を有する。

- 1) スラリーをキャビティの隅々まで充填して成形することができるので、空気の巻込みが少なく形状の安定した重量バラツキの少ない希土類永久磁石を製造することができる。
- 2) 開口部が狭く深さの大きいキャビティにスラリーを隅々まで充填することができるので、従来乾粉でも成形できなかった薄肉縦長品でも、湿式で成形することができる。
- 3) 薄肉縦長品を横磁場成形で成形できるので、縦磁場成形したものより高特性品を得ることができる。
- 4) 従来できなかった最終形状がアーク状やリング状等曲面を有する薄肉縦長品を横磁場成形で成形できる。
- 5) 薄肉縦長品を横磁場成形で成形できるので、最終製品の形状に近い形状の成形体を得ることができ、ブロック品を横磁場成形してから加工するよりも、形状の自由

度が高くかつ製造コストが低く抑えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を成すスラリー供給装置の概念図。

【図2】 希土類永久磁石の製造工程図を示す。

【図3】 本発明を成すスラリー供給状況を示す図。

【図4】 従来のスラリー供給装置の一例を示す図。

【図5】 上記装置におけるスラリー供給状況を示す図。

【図6】 磁場成形種類と残留磁束密度の濃度依存性を示す図。

【図7】 良好に製造できる希土類永久磁石の短辺相当寸法と深さ寸法の関係を示す図。

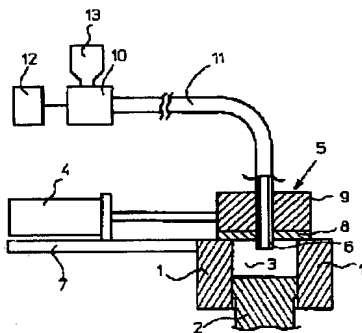
【図8】 成形品の形状例を示す図。

【図9】 焼結体の重量バラツキを示す図。

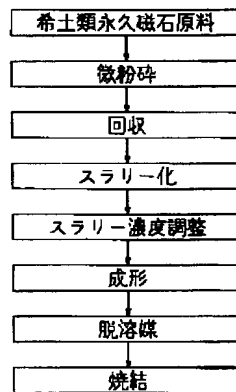
【符号の説明】

- 1 ダイス
- 2 下パンチ
- 3 キャビティ
- 4 移動手段
- 5 供給ヘッド
- 6 スラリー供給管
- 8 摺動板
- 10 スラリー供給手段
- 12 制御装置
- 13 タンク
- 14 流路
- 55 従来の原料供給装置の供給ヘッド
- 56 従来の原料供給装置の供給ノズル
- 100 スラリー

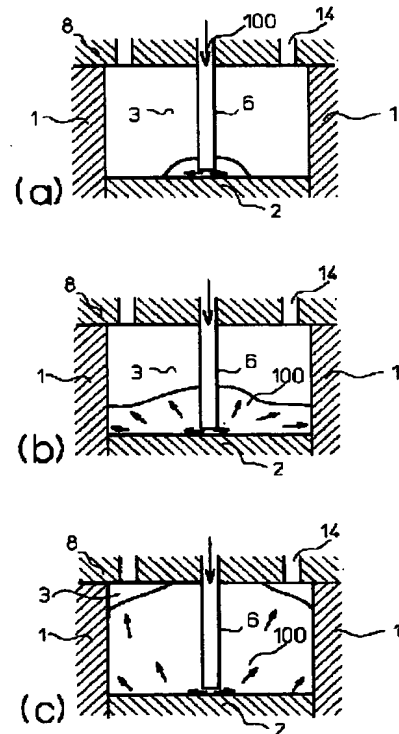
【図1】



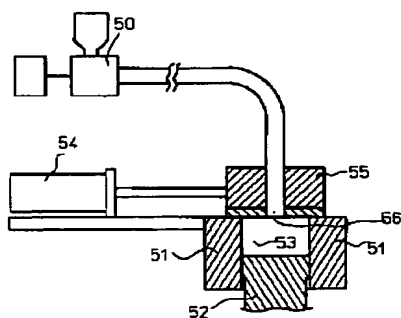
【図2】



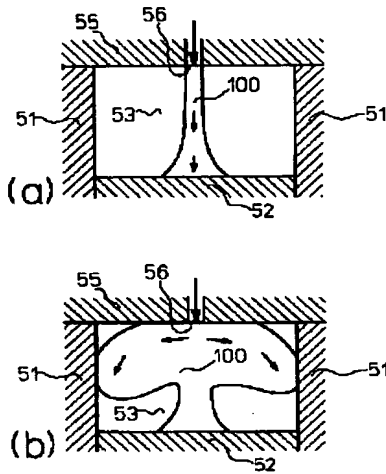
【図3】



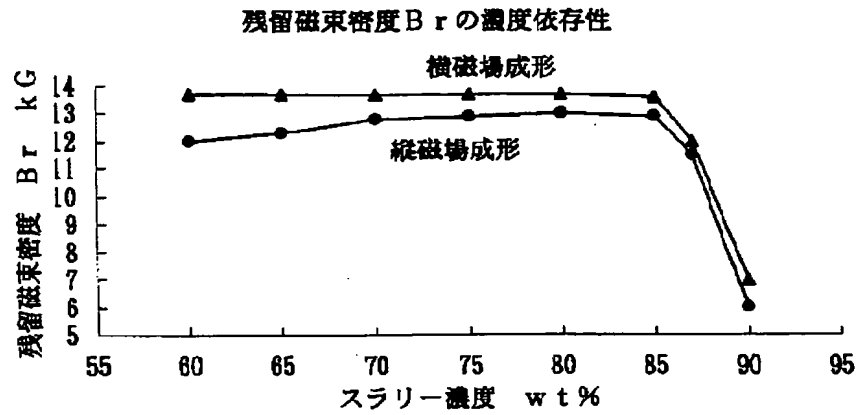
【図4】



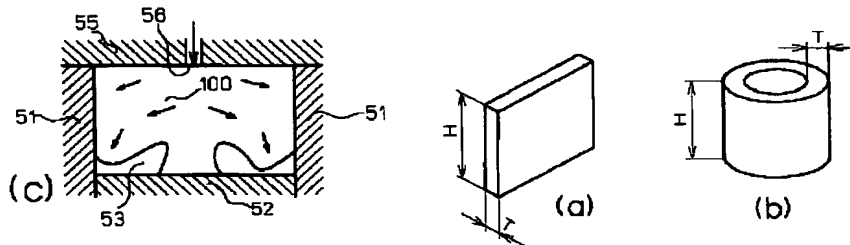
【図5】



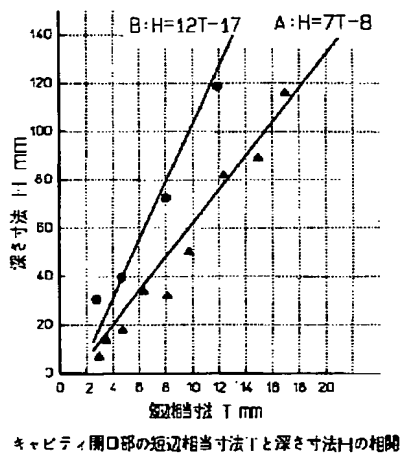
【図6】



【図8】



【図7】



【図9】

